

JP2002240520

Title:

**METHOD AND DEVICE FOR DETECTING TIRE RUNNING STATE, AND
METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING ROAD SURFACE STATE**

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide method and device for accurately detecting a running state of a tire such as a road surface state or existence of the tire. **SOLUTION:** This device 10 for detecting the tire running state comprises a pressure sensor 11 that is mounted to the tire or a wheel and detects air pressure in the tire, a pressure variation calculating means 13 that analyses time variation of the air pressure detected by the pressure sensor 11 by frequency and calculates pressure variation in a plurality of frequency band regions, and a detecting means 14 of the tire running state for detecting the running state of the tire based on the calculated pressure variation. The device 10 detects a tire vibration varying with the road surface state or the state of the tire as pressure variation of the air to detect the running state of the tire.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-240520
(P2002-240520A)

(43)公開日 平成14年 8 月28日 (2002. 8. 28)

(51)Int.Cl.⁷
B 6 0 C 23/02

識別記号

F I
B 6 0 C 23/02

テーマコード*(参考)

R

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-36048(P2001-36048)

(22)出願日 平成13年 2 月13日 (2001. 2. 13)

(71)出願人 000005278

株式会社ブリヂストン
東京都中央区京橋 1 丁目10番 1 号

(72)発明者 横田 英俊

東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会
社ブリヂストン技術センター内

(72)発明者 森永 啓詩

東京都小平市小川東町 3-1-1 株式会
社ブリヂストン技術センター内

(74)代理人 100080296

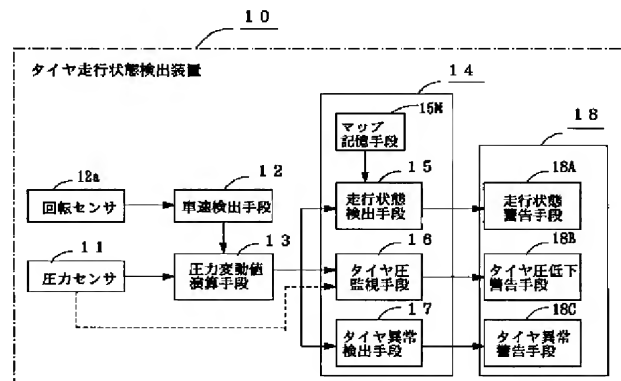
弁理士 宮園 純一

(54)【発明の名称】 タイヤ走行状態の検出方法とタイヤ走行状態検出装置、及び路面状態の推定方法と路面状態推定装置

(57)【要約】

【課題】 路面状態やタイヤの異常の有無などのタイヤの走行状態を精度よく検出する方法とその装置を提供する。

【解決手段】 タイヤやホイールに取付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力センサ 11 と、上記圧力センサ 11 で検出された空気圧の時間変動を周波数分析して、複数の周波数帯域内の圧力変動値を算出する圧力変動値演算手段 13 と、上記算出された圧力変動値に基づいて、タイヤの走行状態を検出するタイヤ走行状態検出手段 14 とを備えたタイヤ走行状態検出装置 10 により、路面状態やタイヤの状態によって変化するタイヤ振動を上記空気圧の圧力変動として検出してタイヤの走行状態を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 タイヤ内の空気圧の変動を検出して周波数分析し、複数の周波数帯域における上記空気圧の圧力変動値を比較して、路面状態やタイヤの異常の有無を含むタイヤの走行状態を検出するようにしたことを特徴とするタイヤ走行状態の検出方法。

【請求項2】 タイヤあるいはホイールに取り付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力検出手段と、上記検出された空気圧の時間変動を周波数分析して、複数の周波数帯域内での圧力変動値を算出する手段と、上記算出された圧力変動値を比較して、タイヤの走行状態を検出する走行状態検出手段とを備えたことを特徴とするタイヤ走行状態検出装置。

【請求項3】 上記圧力検出手段を、半導体式または圧電式の圧力センサ、あるいは、半導体式または圧電式のマイクロホンから構成したことを特徴とする請求項2に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項4】 車速検出手段を備え、上記算出された各周波数帯域での圧力変動値を検出された車速に応じて比較し、タイヤの走行状態を検出するようにしたことを特徴とする請求項2または請求項3に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項5】 上記圧力検出手段で検出された空気圧の絶対値を算出して走行中のタイヤ圧を監視するタイヤ圧監視手段を設けたことを特徴とする請求項2～請求項4に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項6】 上記圧力検出手段で検出された空気圧の、200Hz以下の周波数帯域内での圧力変動からタイヤ固有振動の周波数を算出し、上記算出された固有振動値から推定したタイヤ空気圧を用いて走行中のタイヤ圧を監視するタイヤ圧監視手段を設けたことを特徴とする請求項2～請求項4に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項7】 上記タイヤ圧監視手段で監視した空気圧が所定の値よりも低下した場合には、上記タイヤ圧の低下を乗員に警告する警告手段を設けたことを特徴とする請求項5または請求項6に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項8】 上記検出された空気圧の、100Hz以下の周波数帯域内での、タイヤ回転速度に応じて変化する圧力変動の平均値を算出し、上記算出された圧力変動の平均値が予め設定された基準値を越えた場合には、タイヤに異常があると判定するタイヤ故障検出手段を設けたことを特徴とする請求項2～請求項7のいずれかに記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項9】 上記基準値を、タイヤに異常が発生していない状態で所定の車速Vで車両を走行させた時の、基準判定周波数 F_n における圧力変動レベルを2倍した値に設定したことを特徴とする請求項8に記載のタイヤ走行状態検出装置。但し、基準判定周波数 $F_n = n \times V /$

$(2\pi r)$

r; タイヤ転がり半径、 $n = 1, 2, 3, \dots$

【請求項10】 上記基準値を変更可能としたことを特徴とする請求項8または請求項9に記載のタイヤ走行状態検出装置。

【請求項11】 タイヤ内の空気圧の変動を検出し、上記空気圧の少なくとも2つの周波数帯域における圧力変動値を算出し、上記算出された圧力変動値の比から、タイヤが接地している路面状態を推定するようにしたことを特徴とする路面状態の推定方法。

【請求項12】 タイヤあるいはホイールに取り付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力検出手段と、上記検出された空気圧の時間変動を周波数分析して、少なくとも2つの周波数帯域内での圧力変動の平均値を算出する手段と、上記算出された各周波数帯域での圧力変動平均値の比から、タイヤが接地している路面状態を推定する路面状態推定手段とを備えたことを特徴とする路面状態推定装置。

【請求項13】 上記圧力検出手段を、半導体式または圧電式の圧力センサ、あるいは半導体式または圧電式のマイクロホンから構成したことを特徴とする請求項12に記載の路面状態推定装置。

【請求項14】 車速検出手段を備え、上記圧力変動平均値の比と検出された車速とから路面状態を推定するようにしたことを特徴とする請求項12または請求項13に記載の路面状態推定装置。

【請求項15】 上記周波数帯域のうち、1つの周波数帯域を、路面からタイヤへの入力を特徴づける帯域である300Hz～1200Hzに設定し、もう1つの周波数帯域を、路面の滑り易さを特徴づける帯域である800Hz～5000Hzに設定するとともに、上記低周波側の圧力変動平均値に対する上記高周波側の圧力変動平均値の比が予め設定された基準値を越えた場合には、路面が滑り易い状態にあると推定する路面状態推定手段を設けたことを特徴とする請求項12～請求項14のいずれかに記載の路面状態推定装置。

【請求項16】 予め、様々な路面状態及び速度で車両を走行させて、車両の制動距離と上記圧力変動平均値の比とを計測し、上記制動距離から求めた路面摩擦係数と、上記計測された圧力変動平均値の比とから上記基準値を算出するようにしたことを特徴とする請求項15に記載の路面状態推定装置。

【請求項17】 上記基準値を変更可能としたことを特徴とする請求項15または請求項16に記載の路面状態推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、タイヤの走行状態を検出する方法とその装置、及び、走行時の路面状態を推定する方法とその装置とに関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車の走行安定性を高めるため、タイヤと路面との間の摩擦係数（路面摩擦係数）あるいは路面状態を精度良く推定し、車両制御へフィードバックすることが求められている。予め路面摩擦係数や路面状態を推定することができれば、制駆動や操舵といった危険回避の操作を起こす前に、例えば、ABSブレーキのより高度な制御等が可能になり、安全性が一段と高まることが予想される。また、運転者に走行中の路面状態の危険度を伝えるだけでも、運転者が早めの減速動作を行えるようになり、事故の減少が期待できる。従来、路面状態を推定する方法としては、車両下部、例えばタイヤを軸支する車軸の近傍などに配設された、タイヤと路面との接触音を検出するセンサによって検出した上記接触音に基づいて路面状態を推定する方法（特開平8-261993号公報、特開平9-54020号公報）などが提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような、車体側からタイヤと路面との接触音を検出する方法では、車両が雨の中や水溜まりなどのある濡れた路面上を走行する場合も多いため、検出に用いているセンサが水に濡れて故障したりする恐れがあるだけでなく、上記センサが周囲を走行している他の車のタイヤ接触音も拾ってしまうため、当該車両のタイヤの接触音を精度よく検出することが困難であるなどの問題点があるため、実用化には到っていないかった。

【0004】本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、路面状態やタイヤの異常の有無などのタイヤの走行状態を精度よく検出する方法とその装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、路面状態やタイヤの状態によって変化するタイヤ振動がタイヤ内部の空気に伝播され、上記空気の圧力変動として検出されるという原理を利用したもので、タイヤが接している路面の状態やタイヤの異常の有無などの複数の物理現象が、上記空気の圧力変動の異なる周波数帯に現れることに着目してなされたものである。すなわち、本発明は、現在、自転車、2輪車、乗用車から大型トラック、建設車両用タイヤに至るまで幅広く用いられている空気入りタイヤに封入されている空気の圧力変動を検出して、上記検出された圧力変動を周波数解析し、上述した、異なる周波数帯域に現れる、路面状態やタイヤの異常の有無などに起因する圧力変動の変化を検出することにより、タイヤの走行状態を検出するもので、外部と遮断されているタイヤ内の空気を利用するため、上記従来例のように、水に濡れたり周囲を走行する他の車両の影響を受けることなく、タイヤの走行状態を精度よく検出することが可能となる。

【0006】本発明の請求項1に記載のタイヤ走行状態の検出方法は、車両のタイヤ内の空気圧の変動を検出して周波数解析し、複数の周波数帯域における上記空気圧の圧力変動値を比較して、路面状態やタイヤの異常の有無を含むタイヤの走行状態を検出するようにしたことを特徴とするものである。また、請求項2に記載のタイヤ走行状態検出装置は、タイヤあるいはホイールに取り付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力検出手段と、上記検出された空気圧の時間変動を周波数解析して、複数の周波数帯域内での圧力変動値を算出する手段と、上記算出された圧力変動値を比較して、タイヤの走行状態を検出する走行状態検出手段とを備え、上記検出された空気圧の時間変動からタイヤの走行状態を検出するようにしたものである。請求項3に記載のタイヤ走行状態検出装置は、上記圧力検出手段を、半導体式または圧電式の圧力センサ、あるいは、半導体式または圧電式のマイクロホンから構成したものである。請求項4に記載のタイヤ走行状態検出装置は、タイヤの走行状態を更に精度よく検出するため、車速検出手段により検出された車速に応じて、上記算出された各周波数帯域での圧力変動値を比較するようにしたものである。

【0007】請求項5に記載のタイヤ走行状態検出装置は、上記圧力検出手段で検出された空気圧の絶対値を算出して走行中のタイヤ圧を監視するタイヤ圧監視手段を設けたものである。請求項6に記載のタイヤ走行状態検出装置は、40Hz、80Hz及び130Hz付近にピークを持つタイヤ固有振動がタイヤ空気圧にほぼ比例することを利用し、上記検出された空気圧を周波数解析して、上記圧力検出手段で検出された空気圧の200Hz以下の周波数帯域における圧力変動のピークの周波数からタイヤ固有振動の周波数を算出し、上記算出された固有振動値から推定したタイヤ空気圧を用いて走行中のタイヤ圧を監視するタイヤ圧監視手段を設けたものである。これにより、適用した圧力センサが空気圧の絶対値を検出できないタイプのものであっても、空気圧を検出することが可能となる。請求項7に記載のタイヤ走行状態検出装置は、上記請求項5または請求項6に記載のタイヤ圧監視手段で監視された空気圧が所定の値よりも低下した場合には、上記タイヤ圧の低下を乗員に警告する警告手段を設けたものである。

【0008】請求項8に記載のタイヤ走行状態検出装置は、上記タイヤの異常の発生に対処するため、上記検出された空気圧の、100Hz以下の周波数帯域内で、タイヤ回転速度に応じて変化する圧力変動の平均値を算出し、上記算出された圧力変動の平均値が予め設定された基準値を越えた場合には、タイヤに異常があると判定し、乗員に警告する警告手段を設け、乗員に注意・点検を喚起するようにしたものである。例えば、トレッド部の一部に剥離が生じた場合には、その部分が路面に接する度に振動が発生してタイヤ内面の空気を加振する。し

たがって、上記振動をタイヤ空気圧の圧力変動として検出することで、上記タイヤの故障を検出することが可能となる。請求項9に記載のタイヤ走行状態検出装置は、上記基準値を、タイヤに異常が発生していない状態で所定の車速Vで車両を走行させた時の基準判定周波数 F_n における圧力変動レベルを2倍した値に設定したものである。但し、基準判定周波数 $F_n = n \times V / (2\pi r)$ ；r；タイヤ転がり半径、 $n = 1, 2, 3, \dots$

請求項10に記載のタイヤ走行状態検出装置は、温度やタイヤトレッドの摩耗量あるいはゴム硬度の劣化といった経時変化に応じて、上記基準値を変更可能としたものである。

【0009】ところで、転動中のタイヤは常に振動しているが、路面の滑りやすさによって路面に接しているトレッド部分の拘束状態が変化し、これが800Hz～5000Hzといった高周波帯域での振動の差となって現れる。この振動の大きさを、路面の滑りやすさの影響の少ない周波数帯域の振動と比較することで路面状態を更に正確に推定することが可能となる。

【0010】本発明の請求項11に記載の路面状態の推定方法は、タイヤ内の空気圧の変動を検出し、上記空気圧の少なくとも2つの周波数帯域における圧力変動値を算出し、上記算出された圧力変動値の比から、タイヤが接地している路面状態を推定するようにしたことを特徴とする。請求項12に記載の路面状態推定装置は、タイヤあるいはホイールに取り付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力検出手段と、上記検出された空気圧の時間変動を周波数分析して、少なくとも2つの周波数帯域内での圧力変動の平均値を算出する手段と、上記算出された各周波数帯域での圧力変動平均値の比から、路面状態を推定する路面状態推定手段とを備え、タイヤが接地している路面状態を推定するようにしたものである。請求項13に記載の路面状態推定装置は、上記圧力検出手段を、半導体式または圧電式の圧力センサ、あるいは半導体式または圧電式のマイクロホンから構成したものである。請求項14に記載の路面状態推定装置は、車速検出手段を備え、上記圧力変動平均値の比と検出された車速とから路面状態を推定するようにしたものである。

【0011】また、請求項15に記載の路面状態推定装置は、上記周波数帯域のうち、1つの周波数帯域を、路面からタイヤへの入力の特徴づける帯域である300Hz～1200Hzに設定し、もう1つの周波数帯域を、路面の滑り易さを特徴づける帯域である800Hz～5000Hzに設定するとともに、上記低周波側の圧力変動平均値に対する上記高周波側の圧力変動平均値の比が、予め設定された基準値を越えた場合には、路面が滑り易い状態にあると推定する路面状態推定手段を設けたものである。上記300Hz～1200Hz帯域における振動は路面の滑り易さの影響を受けにくいいため、800Hz～5000Hz帯域値から路面の滑り易さ以外の

外乱要因を分離する手段として、上記300Hz～1200Hz帯域値との比を取ることで、路面の滑り易さを正確に推定することが可能となる。請求項16に記載の路面状態推定装置は、予め、様々な路面状態及び速度で車両を走行させて、そのときの車両の制動距離と上記圧力変動平均値の比を計測し、上記制動距離から求めた路面摩擦係数と、上記計測された圧力変動平均値の比とから上記基準値を算出するようにしたものである。また、請求項17に記載の路面状態推定装置は、温度やタイヤトレッドの摩耗量あるいはゴム硬度の劣化といった経時変化に応じて、上記基準値を変更可能としたものである。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面に基づき説明する。

実施の形態1. 図1は、本実施の形態1に係わるタイヤ走行状態検出装置10の構成を示すブロック図である。同図において、11はタイヤ内の空気圧を検出する圧力センサ、12は車輪の速度を検出する回転センサ12aの出力パルスから算出されたタイヤ回転数に基づいて車速を検出する車速検出手段、13は上記圧力センサの出力レベルの時間軸上における変動成分を周波数解析して複数の周波数帯域における圧力変動の平均値を演算する圧力変動値演算手段、14はマップ記憶手段15Mに予め記憶されたタイヤ圧の変動レベルと周波数との関係を示すマップを用いて、圧力変動値演算手段13で演算された800Hz以上の周波数帯域の圧力変動平均値からタイヤの走行状態を検出する走行状態検出手段15と、200Hz以下の周波数帯域における圧力変動のピークの周波数からタイヤ空気圧を検出するとともに、上記空気圧を用いて走行中のタイヤ圧を監視するタイヤ圧監視手段16と、100Hz以下の周波数帯域内で、タイヤ回転速度に応じて変化する圧力変動の平均値からタイヤ異常の有無を検出するタイヤ異常検出手段17とを備えたタイヤ走行状態検出手段である。また、18は走行状態検出手段15で検出された走行状態、タイヤ圧監視手段16で検出されたタイヤ圧、タイヤ異常検出手段17で検出されたタイヤ異常の有無に基づいて、タイヤ走行状態に異常あるいは危険がある場合には乗員に警告するタイヤ走行状態警告手段であり、このタイヤ走行状態警告手段18は、車両の走行状態がハイドロプレーニング発生や凍結路面など危険な状態であることを警告する走行状態警告手段18Aと、タイヤ圧の低下を警告するタイヤ圧低下警告手段18Bと、タイヤ異常を警告するタイヤ異常警告手段18Cとから構成される。

【0013】本実施の形態1では、タイヤ内の空気圧を検出する圧力センサ11は、例えば、図2(a)、(b)に示すように、タイヤホイール1のリム部2の図示しないタイヤ側に取付けた。なお、圧力センサ11は、タイヤのサイドトレッド部など、タイヤ本体に取付

けるようにしてもよい。上記圧力センサ11は、高周波の圧力変動を検出できる精度を有していれば、圧電式、半導体式など様々な形式を用いることができる。また、一般にマイクロフォンと呼ばれるものも空気の圧力振動を検出するセンサであり、これを圧力センサとして用いることができる。

【0014】図3は、走行中のタイヤ内の圧力変動を上記圧力センサ11により検出したタイヤ内圧力変動データの一例を示す図である。このタイヤ内圧力変動データは、車両にそれぞれ新品と摩耗品のタイヤを装着した2種類の車両を、乾燥路と、水深10mmのウェット路との2種類の路面において走行速度90km/hで走行させ、 $\Delta t = 160\text{ms}$ のサンプリングタイムで3秒間測定して周波数軸上で平均したものである。また、図4は、検証のため、タイヤトレッドの内面側に振動センサを取付けて、上記タイヤ内圧力変動と同時に測定した、走行中のトレッド振動のデータである。よく知られているように、水深の深いウェット路を高速で走行するとハイドロプレーニングが発生し、自動車は操縦不能な非常に危険な状態に陥る。特に、摩耗したタイヤではハイドロプレーニングが発生しやすく危険である。図4に示す測定結果から、ハイドロプレーニングが発生しタイヤが滑り易い状態では、800Hz以上の高周波領域でのトレッド振動が大幅に増大し、特に、ハイドロプレーニングが発生しやすい摩耗したタイヤでは、上記振動が大きいことがわかる。一方、図3に示すタイヤ内圧力の変動値も、上記図4と同様の結果を示すことから、上記トレッド振動がタイヤ内の空気にも伝播し、同じ周波数帯域の圧力変動として捉えることが可能であることがわかる。これにより、路面状態やタイヤの状態によって変化するタイヤ振動をタイヤ内部の空気の圧力変動として検出することができることが確認された。したがって、走行状態検出手段15において、圧力変動値演算手段13により演算された、上記圧力センサ11で検出されたタイヤ内の空気圧の800Hz以上の周波数帯域の圧力変動平均値を比較することで、走行状態が、ハイドロプレーニングが発生しタイヤが滑り易い状態であるかどうかを検出することが可能となる。すなわち、マップ記憶手段15Mに、上記実験結果から得られたタイヤ圧の変動レベルと周波数との関係をマップとして予め記憶させておき、上記マップを用いて、800Hz以上の周波数帯域の圧力変動平均値を上記マップの乾燥路あるいはウェット路でのデータと比較することで、タイヤが滑り易い状態であるかどうかを検出する。

【0015】走行状態がハイドロプレーニングが発生しやすい状態である場合には、走行状態検出手段15はその情報をタイヤ走行状態警告手段18の走行状態警告手段18Aに送り、走行状態が危険な状態であることを乗員に警告する。なお、上記実験結果から、ハイドロプレーニングが発生しやすい状態となる800Hz以上の高

周波領域における圧力変動平均値の閾値を設定して、圧力センサ11から得られたタイヤ圧変動平均値を上記閾値と比較することで、タイヤが滑り易い状態であるかどうかを検出するようにしてもよい。また、上記走行実験を様々な車速で行い、車速毎のマップあるいは閾値を用いてタイヤが滑り易い状態であるかどうかを検出するようにすれば、ハイドロプレーニングが発生しやすい状態を更に正確に判定することができる。

【0016】また、本例では、タイヤ圧監視手段16により、圧力変動値演算手段13で演算された100Hz以下の周波数帯域内の圧力変動のピーク周波数からタイヤ空気圧を検出して、走行時のタイヤ圧を常に監視するようにしている。詳細には、上記タイヤ圧監視手段16において、上記図3に示したタイヤ内圧力の変動値のピーク周波数から、40Hz付近にあるタイヤの固有振動数を検出し、図5に示すような、予め校正済みの空気圧ゲージを用いて測定した基準空気圧と上記固有振動数との関係を示すグラフを用いて、タイヤ内の空気圧を検出する。上記検出されたタイヤ圧が所定の圧力値よりも低下した場合には、その情報をタイヤ走行状態警告手段18のタイヤ圧低下警告手段18Bに送り、乗員にタイヤ圧が低下していることを警告する。なお、圧力センサ11の出力の絶対値が、図6に示すように、予め空気圧ゲージを用いて測定した基準空気圧と対応していることが確認されているセンサである場合には、図1の破線で示すように、上記圧力センサ11の出力を直接タイヤ圧監視手段16に送るように構成すればよい。

【0017】本例では、更に、タイヤ異常検出手段17により、100Hz以下の周波数帯域内で、タイヤ回転速度に応じて変化する周期的な圧力変動の平均値を検出し、上記平均値が所定の基準値を超えた場合には、タイヤに異常があると判定し、その情報をタイヤ走行状態警告手段18のタイヤ異常警告手段18Cに送り、乗員にタイヤの異常が発生したことを警告するようにしている。例えば、トレッド部の一部に剥離が生じた場合には、その部分が路面に接する度に振動が発生してタイヤ内面の空気を加振する。通常初期の剥離故障はタイヤ周上の1箇所が発生するため、それによって発生する振動はタイヤ回転数に応じて周期的なものとなる。その周期は、例えば、一般的な乗用車用タイヤの場合、時速100km/hで約14Hz（一次）、28Hz（二次）、42kHz（三次）、……となる。通常走行時でも、タイヤが接地することで上記ピークは発生するが、上述したように、周上1箇所に剥離などの故障が発生した場合には、上記ピークレベルが極端に大きくなるので、タイヤに何らかの異常が生じていることが推定される。図7は、タイヤトレッドとスチールベルトの間の周上の1箇所に故意に切込みを入れた故障タイヤを作製し、上記故障タイヤのタイヤ圧の変動を測定し、通常タイヤの場合と比較した結果を示す図である。具体的には、上記故障

タイヤと通常のタイヤとを、室内ドラム上で100 km/hの一定速で走行させ、タイヤ内の圧力変動を測定し、周波数解析した。上述したように、通常のタイヤであっても、約14 Hz（一次）、28 Hz（二次）、42 kHz（三次）、……という周波数にピークが発生するが、故障タイヤの場合には、同図の破線に示すように、その大きさが通常タイヤに対して20 dB程度大きい。これはタイヤ故障を検出する基準として設定している、上記周波数における通常状態のピークの2倍（6 dB）を大幅に上回っており、このようにタイヤ空気圧の圧力変動を検出することで、タイヤの故障を検出することができる。ここで、上記基準値を、車両を、タイヤに以上が発生していない状態で所定の車速Vで走行させた時の、基準判定周波数 $F_n = n \times V / (2\pi r)$ における圧力変動レベルを2倍した値に設定することで、上記異常を精度よく検出することができる。なお、上記式において、rはタイヤ転がり半径、nは自然数である。また、上記基準値は、温度やタイヤトレッドの摩耗量あるいはゴム硬度の劣化といった経時変化に応じて変更することができる。

【0018】このように、本発明のタイヤ走行状態検出装置10は、ホイールに取付けられた、タイヤ内の空気圧を検出する圧力センサ11と、上記圧力センサ11で検出された空気圧の時間変動を周波数分析して、複数の周波数帯域内の圧力変動値を算出する圧力変動値演算手段13と、上記算出された圧力変動値を比較して、タイヤの走行状態を検出するタイヤ走行状態検出手段14とを備え、路面状態やタイヤの状態によって変化するタイヤ振動を上記空気圧の圧力変動として検出してタイヤの走行状態を検出するようにしたので、タイヤが接地している路面の状態やタイヤの異常の有無などのタイヤの走行状態を精度よく検出することができる。また、本装置は、外部と遮断されているタイヤ内の空気を利用しているため、従来のようにセンサが雨に濡れたりして故障したり、周囲を走行する他の車両の影響を受けることなくタイヤの走行状態を検出することができる。更には、1個の圧力センサ11で、路面の状態やタイヤ圧、更にはタイヤの異常の有無などを検出することができるので、シンプルな構造で、かつ、多くの機能をもった低コストのタイヤ走行状態検出装置を提供することができる。

【0019】なお、上記実施の形態1では、路面の状態、タイヤ圧、タイヤの異常の有無などを同時に検出する装置について説明したが、それぞれの機能を別個に構成し、車両の走行状態がハイドロプレーニングが発生する危険な状態であることを警告する走行状態警告装置や、タイヤ圧の低下を警告するタイヤ圧低下警告装置、タイヤ異常を警告するタイヤ異常警告装置などの警告装置を作製することも可能である。

【0020】実施の形態2. 図8は、本実施の形態2に係わる路面状態推定装置20の構成を示すブロック図で

ある。同図において、11はタイヤ内の空気圧を検出する圧力センサ、12は車輪の速度を検出する回転センサ12aの出力パルスに基づいて車速を検出する車速検出手段、13は上記圧力センサ11の出力レベルの時間軸上における変動成分を周波数解析して複数の周波数帯域における圧力変動の平均値を演算する圧力変動値演算手段、21は圧力変動値演算手段13で演算された、路面の滑り易さの影響を受けにくい帯域である300 Hz～1000 Hz帯域の圧力変動平均値と、1000 Hz～5000 Hz帯域の圧力変動平均値との比 α を算出する圧力変動比算出手段22と、上記圧力変動比算出手段22で算出された変動比 α の値から、タイヤが接地している路面状態が予め分類されたどの路面状態に相当するかを判定する路面状態判定手段23とを備えた路面状態推定手段、24は上記路面状態推定手段21で推定された路面状態から路面の滑りやすさ（危険度）を判定し、乗員に警告する路面状態警告手段である。

【0021】図9は、上記図3で示したタイヤ内圧変動のデータから、車速がそれぞれ30 km/h、60 km/h、90 km/hである場合の、300 Hz～1000 Hz帯域の圧力変動平均値と、1000 Hz～5000 Hz帯域の圧力変動平均値との比 α の変化を求めた図で、ウェット路でかつ高速で走行するほど、また摩耗したタイヤほど上記 α の値が大きくなっており、この α を用いることにより、路面状態の危険度を更に厳密に判断することが可能となる。このとき、路面摩擦係数 μ と上記 α との関係等を用いて、閾値となる基準値を設定し、路面の状態を、例えば、 $\alpha < 0.5$ なら①通常状態、 $0.5 < \alpha < 0.8$ なら②要注意状態（ウェット路、雪路など）、 $0.8 < \alpha$ なら③危険状態（ハイドロプレーニング状態、圧雪路、ミラーバーンなど）の3段階に設定することにより、走行時における路面の滑り易さ＝危険度を判断する。路面状態推定手段では、路面状態判定手段23により、圧力変動比算出手段22において算出された、300 Hz～1000 Hz帯域の圧力変動平均値と、1000 Hz～5000 Hz帯域の圧力変動平均値との比 α の値から、タイヤが接地している路面状態が予め分類された上記①～③のどの路面状態に相当するかを判定することにより路面状態を推定し、路面状態が上記②要注意及び③危険のいずれかである場合には、上記情報を路面状態警告手段24に送り、乗員に路面の滑り易さを警報等で警告することができる。

【0022】

【実施例】本発明の路面状態推定装置20を搭載した車両を、乾燥路と水深10 mmのウェット路において、新品及び摩耗タイヤのそれぞれで、30 km/h、60 km/h、90 km/hで実際に走行してみたところ、新品のタイヤでは60 km/hで要注意の、90 km/hで危険の警報が発せられた。一方、摩耗タイヤでは、60 km/h以上で危険の警報が発せられ

た。

【0023】このように、本実施の形態2によれば、圧力センサ11で検出したタイヤ内の空気圧の変動から、路面の滑り易さの影響を受けにくい300Hz～1000Hz帯域の圧力変動平均値と、1000Hz～5000Hz帯域の圧力変動平均値との比 α を算出算出し、上記算出された圧力変動値の比 α から、タイヤが接地している路面状態を、①通常状態($\alpha < 0.5$)、②要注意状態($0.5 < \alpha < 0.8$)、③危険状態($0.8 < \alpha$)の3段階のいずれに相当するかを推定するようにしたので、走行時における路面の滑り易さ＝危険度を正確に推定することができる。なお、上記路面状態推定装置20では、路面状態警告手段24により、乗員に路面の滑り易さを警報等で警告することができるように構成したが、路面状態推定を推定してこれを車両制御へフィードバックする車両制御装置に搭載する場合には、上記路面状態警告手段24を省略することもできる。また、上記実施の形態2の路面状態推定装置20を、上記実施の形態1のタイヤ走行状態検出装置10に組み込むことにより、タイヤの走行状態を更に精度よく検出することができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、タイヤ内の空気圧の変動を検出して周波数分析し、複数の周波数帯域における上記空気圧の圧力変動値を比較して、路面状態やタイヤの異常の有無を含むタイヤの走行状態を検出するようにしたので、1個の圧力検出手段で、路面の状態やタイヤ圧、更にはタイヤの異常の有無などを精度良く検出することが可能な、シンプルな構造で、かつ、多くの機能をもった低コストのタイヤ走行状態検出装置を提供することができる。また、本発明では、外部と遮断されているタイヤ内の空気を利用して

るため、従来のようにセンサが雨に濡れたりして故障したり、周囲を走行する他の車両の影響を受けることなくタイヤの走行状態を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係わるタイヤ走行状態検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 本実施の形態1に係わる圧力センサの設置個所を示す図である。

【図3】 タイヤ内圧変動レベルの周波数解析結果を示す図である。

【図4】 タイヤの振動レベルの周波数解析結果を示す図である。

【図5】 圧力変動から検出した固有振動数と基準空気圧との関係を示す図である。

【図6】 検出圧力の絶対値にて測定したタイヤ空気圧と基準空気圧との関係を示す図である。

【図7】 タイヤの剥離故障の検出例を示す図である。

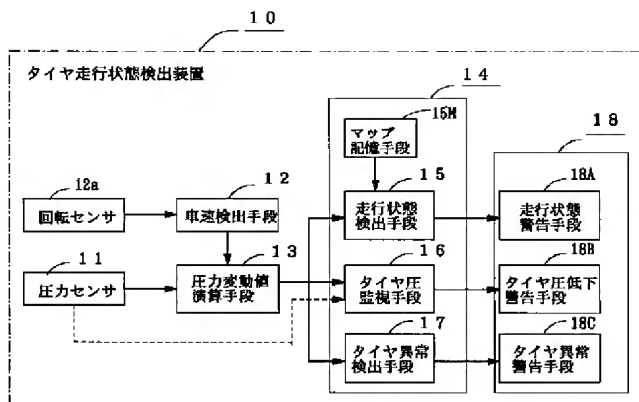
【図8】 本実施の形態2に係わる路面状態推定装置の構成を示すブロック図である。

【図9】 タイヤ内圧変動の比である α の変化を示す図である。

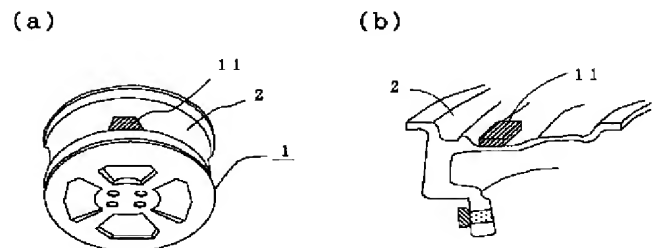
【符号の説明】

10 タイヤ走行状態検出装置、11 圧力センサ、12 車速検出手段、12a 回転センサ、13 圧力変動値演算手段、14 タイヤ走行状態検出手段、15 走行状態検出手段、16 タイヤ圧監視手段、17 タイヤ異常検出手段、18 タイヤ走行状態警告手段、18A 走行状態警告手段、18B タイヤ圧低下警告手段、18C タイヤ異常警告手段、20 路面状態推定装置、21 路面状態推定手段、22 圧力変動比算出手段、23 路面状態判定手段、24 路面状態警告手段。

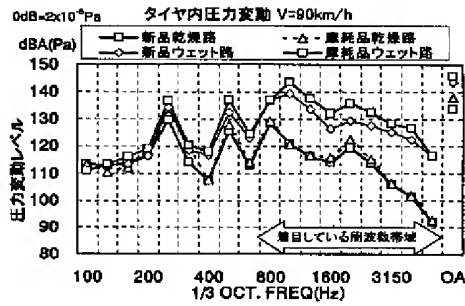
【図1】



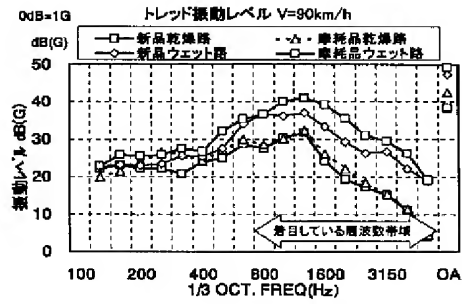
【図2】



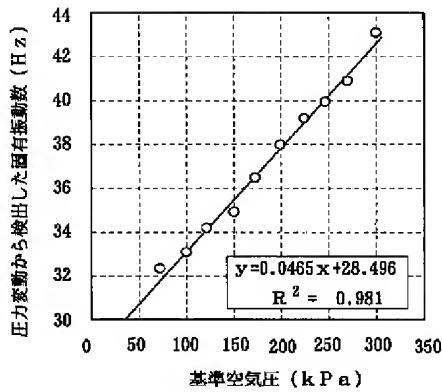
【図3】



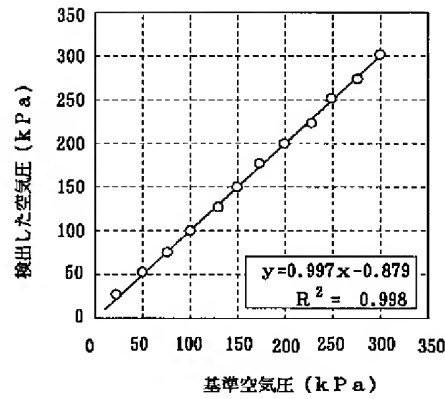
【図4】



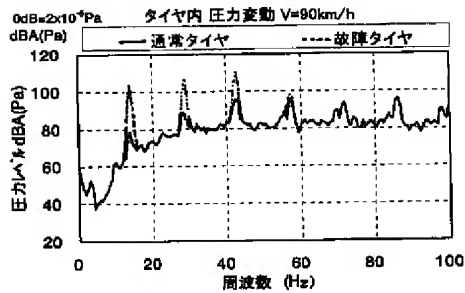
【図5】



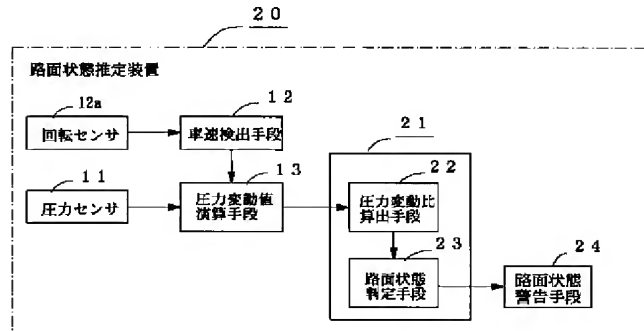
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

